

子宮頸癌治療のための線量システム

A dosage system for use in the treatment of cancer of the uterine cervix

Tod M, Meredith WJ*. Brit J Radiol 11:809-24,1938*

1933 年, Paterson and Parker [1] は, マンチェスターのホルトラジウム研究所から, ラジウムの表面 Applicator のための線量システムが発表され, 以後, 組織内照射など他のラジウム治療に拡張されてきた. この方法は現状では子宮頸癌の治療には使用できないことから, これを適用可能とすることが本稿の目的である.

子宮頸癌の線量計画は, 治療部位ならびに腫瘍の大きさ, 形状がさまざまであることから特別な困難を伴う. しかし, 別の角度からアプローチすることによって, 表面照射, 組織内照射とほぼ同程度の精度で線量システムを適用できるようになった.

本稿では, ラジウムを特別に設計した腔内 Applicator に配置することにより, ラジウムと骨盤内の重要な照射部位との関係を一定とし, 線量を計算することが可能であることを示す.

2 つの主要な問題について検討する.

- (1) 線量システム
- (2) その治療への応用

(1) 線量システム

有用な線量システムとは, 比較的簡単なルールに従って, 治療領域にほぼ均一な線量分布が得られ, その線量を一定時間内のレントゲン単位で表示できるものである. 子宮頸癌のためにこれを明確にするためには, 以下のことが必要である.

- (a) 治療範囲とその根拠 (正常組織の耐容線量) を明らかにする
- (b) 臓器の大きさ, 形状の個人差とその線量との関係を考慮する
- (c) 腔内 Applicator を定める
- (d) 線量評価の方法を定める
- (e) 解剖学的位置を簡単な幾何学的概念と関係付ける

(a) 治療範囲と正常組織の耐容線量

これについては, 簡易な治療が可能な非常に早期の頸癌 (国際連盟分類ステージ I) を例外として, 頸部のみならず, 子宮体部, 膣穹蓋, 傍子宮組織, さらに可能であれば (通常閉鎖リンパ節とよばれる) 骨盤側壁のリンパ節まで含めて治療することが必要であること

については, 多くの意見が一致するところである. これを行なうには, ラジウムの Applicator を子宮腔内, 膣穹蓋に挿入する必要がある. 現在一般的な方法では, 線量は mg-hrs で表示され, 臓器の大きさ, 形状が考慮されていないが, 線量は他の部位と同じく正常組織の耐容線量によって制限され, この耐容線量を決定すると考えられる解剖学的要因について検討する必要がある.

正常組織の耐容線量

子宮頸癌の最も多い組織型は扁平上皮癌である. その分化度はさまざまであるが, 扁平上皮癌の放射線感受性が非常に高いという明らかな証拠はないことから, 正常組織の最大耐容線量まで常に照射する必要がある. 幸いなことに, 子宮の局所的耐容性は非常に大きい. 卵巣の被曝線量は去勢線量をはるかに上回ることから, いずれにせよ臓器機能は失われ, 放射線治療後には, 頸部に一致する輪状の繊維組織内に中心腔をもつ小さな線維化した子宮と, 穹蓋部が閉鎖した狭小な腔が残るだけである. 明らかな過線量による大きな壊死は別として, 体部, 頸部, 膣穹蓋の壊死は, 毛細血管拡張や小潰瘍からの軽度の出血をみる程度で重篤な症状を来すことはない.

膀胱, 直腸の局所線量が線量を制限されると言われることがあるが, 我々の経験では膀胱の壊死は稀で, T. F. Todd が「内因性直腸反応」として報告した局所過線量の影響は [2], 当施設でその後詳細に経過を調査したところ, Applicator のずれや, 後屈子宮によるラジウムの直腸粘膜への過接近によるものであることが判明した. これは技術的な問題であり, 一般的に耐容線量に影響するものではない. しかし, このような耐容線量の制限が存在することは確実で, これを越えると, 軽症でも外因性直腸反応, 重症例では大量壊死となって生命の危険にも曝されることになる.

このような要因を判断するには, 子宮の解剖学的関係を理解する必要がある. 子宮頸部は小骨盤の中央にあって, 子宮は前傾, 前屈しており, 膣と直角を成して膀胱の上に位置する. 子宮は骨盤底から上向きに伸びて腹膜ヒダを挙上している. 腹膜ヒダは, 背側より腹側において高位で翻転し, 両側で広間膜を作って骨盤壁に延びる. 骨盤臓器は骨盤筋膜で覆われて支持されており, 場所によっては弾性線維性索を作って提靱帯となる. このような索状構造は, 広間膜内を子宮動静脈に伴走する. 傍子宮筋膜は広間膜のヒダ間の疎性筋膜で, 傍頸部筋膜は頸部を取り囲むより堅固な支持組織

* Holt Radium Institute, Manchester (ホルトラジウム研究所, マンチェスター)

である。この傍頸部筋膜内から両側の子宮動脈が子宮壁に進入し、その下方で尿管が膀胱に入る。子宮静脈叢、前直腸静脈叢からの流出静脈が、直腸静脈に合流する。血管は放射線に高感受性で、正常組織で最初に見られる変化は動脈内膜炎であり、また治療後遺症とし認められる尿管狭窄は、おそらく弾性筋膜の線維化と収縮によるものである。

前述の T. F. Todd の研究は、放射線壊死の初期病変は常にこの傍頸部領域における高線量の影響によるものであり、直腸への直接の影響ではないことを示唆している。従ってこの部位の耐容線量が子宮頸部照射における正常組織の耐容線量を決定すると考えることは理にかなったものであり、以下に述べる原理はこの仮定に立脚するものである。以下、この領域は傍頸部三角(paracervical triangle)と呼ぶが、これは概ねピラミッド状で、その底部を外側円蓋に置き、頂部が前屈した子宮の彎曲に沿うものである(図1)。

線量の計測、計算には、傍頸部三角に一定の点を決める必要があるが、A 点は子宮の中心腔から 2cm 外側、子宮の軸上で外側円蓋の粘膜面から 2cm の距離である。後述のように A 点の線量は、傍頸部三角の全体が受ける線量の平均値となる。

(b)(i) 臓器の個々の大きさと形状

A 点を耐容線量を決める点として、その線量を計測する場合、子宮、膣の大きさ、形状によって線量がどの程度影響されるかを知る必要がある。Sandler[4] は、100 例の骨盤を調べて次のように分類している。

大：横径 6.5～7.5cm
中：横径 5～6.5cm
小：横径～5cm

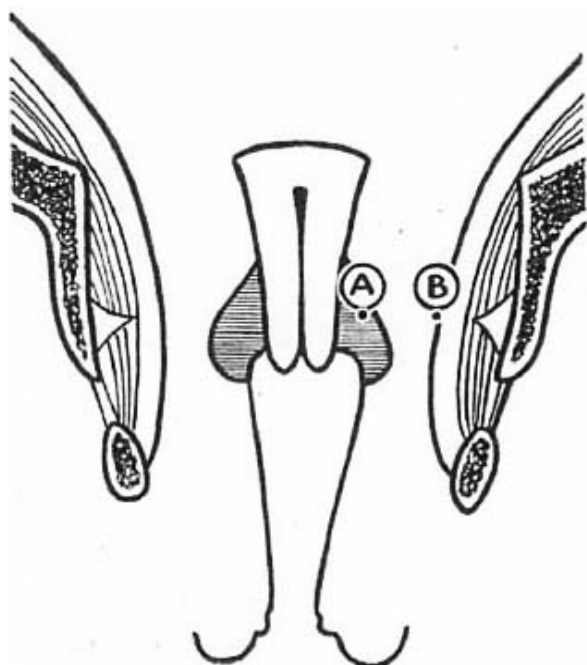


図1. 傍頸部三角。A 点, B 点を示す

大きさ別の頻度の比は以下の通り。

大：18%
中：24%
小：58%

(b)(ii) 膣の大きさと B 点

膣円蓋内のアプリケーターは、できる限り外側に離す方がよい。頸部からの主なリンパ流は広間膜の基部に沿うもので、一次リンパ節は通常閉鎖膜内面の上端にある。このリンパ節については既に述べたが、しばしば病変に侵されることから致死線量を照射する領域に含むよう努めるべきで、大きな膣ではそれを活かして最も高い深部線量が得られるようにラジウムを配置する必要がある。従ってこの閉鎖リンパ節の照射線量は非常に重要で、A 点と同じ高さで正中から 5cm の位置で、リンパ節内あるいはその近傍に位置する B 点での線量をその計測値とする。

A 点の耐容線量, B 点の至適線量は非常に重要であり、線量計算とその決定は、これらの点に安全かつ十分な線量を照射することを念頭に議論すべきものである。

(c) 膣オボイド線源

膣のアプリケーターは、基本的に Regaud が報告したパリ法で使用されている「コルク」の改良版である。これは線量システムにおいて本質的な位置を占める。ゴム製の特別な構造で、簡単のために「オボイド」(ovoid) と呼ぶことにする。硬質ゴム製で、ほぼ回転楕円体であり、回転軸に沿って実長 2.2cm, 有効長 1.5cm のラジウム管が 1 本以上収まる。オボイドの形状は、有効長 1.5cm のラジウム管周囲の等線量曲線を決定し、従ってこの形によってその表面の線量が確実に均一になる(図2)。

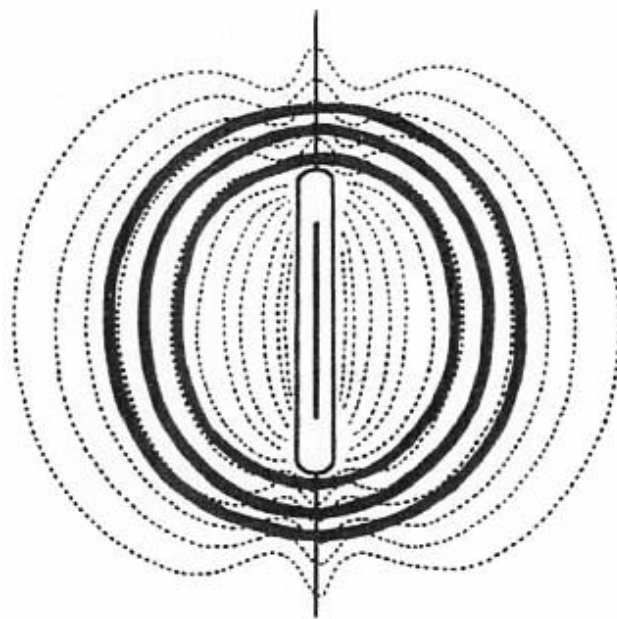


図2. オボイドの形状に一致するラジウム管周囲の等線量図

1 対のオボイドの大きさは、膣の大きさに応じて決まる。すなわち大：最短計 3cm，中：最短計 2.5cm，小：最短計 2cm である。1 対のオボイドの間には、ゴム製のスペーサー (spacer) を置いて、距離を 1.0cm に保つ。膣が非常に狭い場合は、ウォッシャー (washer) で保持し、この場合は 2 つがほとんど接触する。オボイドは外側円蓋に、スペーサーは頸部の表面に位置する。

可能な限り大きなオボイドを使用すべきであることは明らかである。そうすることにより、ラジウムが B 点に接近するだけでなく、深部線量も改善される。このように膣オボイドは挿入が容易で、いったん挿入すればそのラジウムの位置は固定したものとなるが、異なるサイズを用意することによりどのような大きさの膣でも側方向に十分伸展することができる (図 3)。

子宮内アプリーケーター

我々の施設では、頸部を拡張することは、敗血症の原因となる裂傷や腫瘍細胞の播種のリスクとないということから、これを避けることが非常に重要と考えており、距離によって深部線量を増加させる方法は禁忌とされ、最も細いチューブを使用する。終端にフランジをもつ細いゴム管が便利で、これをスペーサーとパッキングで保持して治療中ずれないようにする。子宮腔の長さには個人差があり、実長 2.2cm ラジウム管が 1～3 本入る。

(d) 線量評価

オボイドは、膣の大きさのばらつきを最大限に活用するように考えられている (図 4)。しかし、従来の mg-hrs 表示では、オボイド表面の線量は、オボイドが小さければ高め、大きければ低めとなる。異なる大きさのオボイドには異なる量のラジウムを封入すれば、いずれのオボイドでも表面線量は同じになるのでこの問題を避けることができる。つまり、オボイドの表面では線量が平準化する (balanced)。このタイプのアプリーケーターが最初に考案された時点では、表面で線量が正しく平準化すると考えられたが、多くの症例で経験

が蓄積すると、膣が大きいほど照射効果が強いことが分かり、A 点の線量を 500 例で計測した。すると明らかに正常組織の耐容線量は、表面線量ではなく A 点の線量に関連しており、これが膣粘膜よりも重要であることが分かった。そこで A 点の線量を平準化するように考慮し、この後詳述する計算によって、オボイドおよびチューブ内のラジウムを次のような比率にすることによってこの平準化が得られることが分かった。

大オボイド	3cm	各 5 単位
中オボイド	2.5cm	各 4 単位
小オボイド	2cm	各 3 単位

子宮チューブ内の単位数は、底部から頸部の順に、

長チューブ	2, 2, 1 単位
中チューブ	2, 1 単位
短チューブ	2 単位

子宮内のアプリーケーターは、チューブが縦並び (タンデム) に収まるだけなので、これを適用するには 2 単位のラジウムを入れたチューブが必要となる。

(e) 解剖と幾何学的配列の関係

線量計算を行なうためには、幾何学的な基礎を確立しておく必要がある。ここでは、外子宮口を幾何学的原点、子宮の軸を座標軸 (x 軸) とする。これと直交する膣の軸を z 軸 (図 5)、頸部を通る水平な左右軸を y 軸とする。従って線量を平準化すべき A 点は、xy 平面上の (2,2) にある。膣内、子宮内のラジウムの位置を図 4、図 6 に示す。図 6 は xy 平面の図である。1～3 本の子宮腔内のラジウム管は、x 軸上でその死腔距離 (通常 0.5cm) だけ原点から離れたところから始まる。膣内のラジウムは、xy 平面上で対称性で、十分高位とする。

この幾何学的座標上の線量はすべて、Sievert の公式で計算できる。白金イリジウムの γ 線に対する比例収係数は 2cm^{-1} とする。Sievert の公式から r/hr への変換係数は 9.3 で、 $1\text{Imc} = 8.4\text{ r/hr}$ に相当する。ラジウム塩、オボイドのゴム、組織の吸収は無視する。

A 点の線量は、膣内のラジウムが、大、中、小のオボイド 2 個の中央にあるとして、スペーサーのある時とない時で計算した。子宮内のチューブは 3 単位で、底部側から 2 単位、1 単位とした。オボイドと子宮内アプリーケーターをこのような単位で装填すると、A 点の線量率はいずれのオボイドの組み合わせでもほぼ同じとなった。子宮内を 2 単位のチューブ 1 本のみとすると、A 点の線量は 5% 低下した。2, 2, 1 単位の 3 本とすると 10% 上昇した。このようにばらつきは大きいですが、子宮全体を照射することが重要であり、X 写真で子宮が後屈していない限りは、底部に 2 単位の使用を推奨している。後屈している場合は、直腸障害を避けるために短いチューブを使用する。

A 点の実際の線量は単位数によって異なるが、各単位

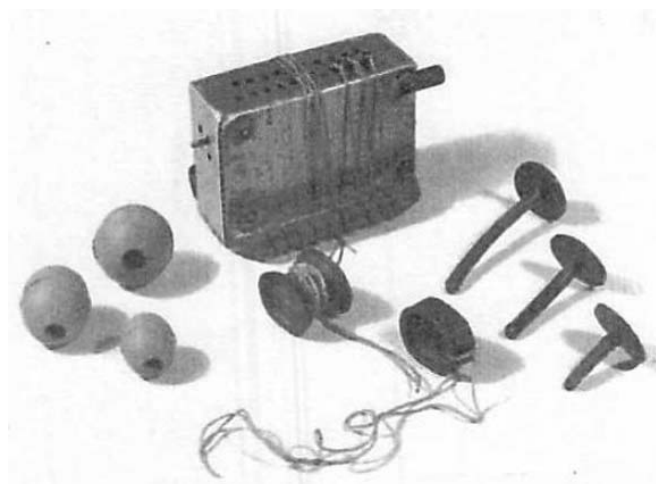


図 3. アプリーケーターとラジウム管

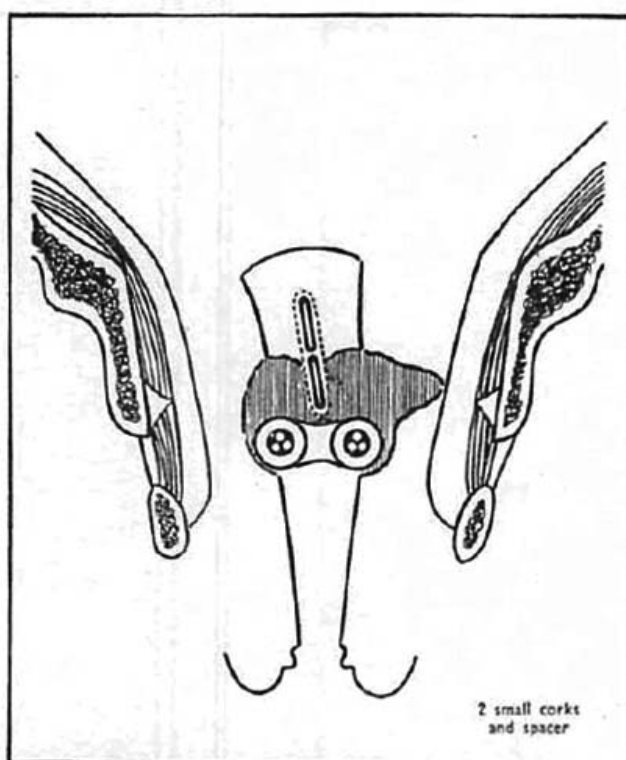
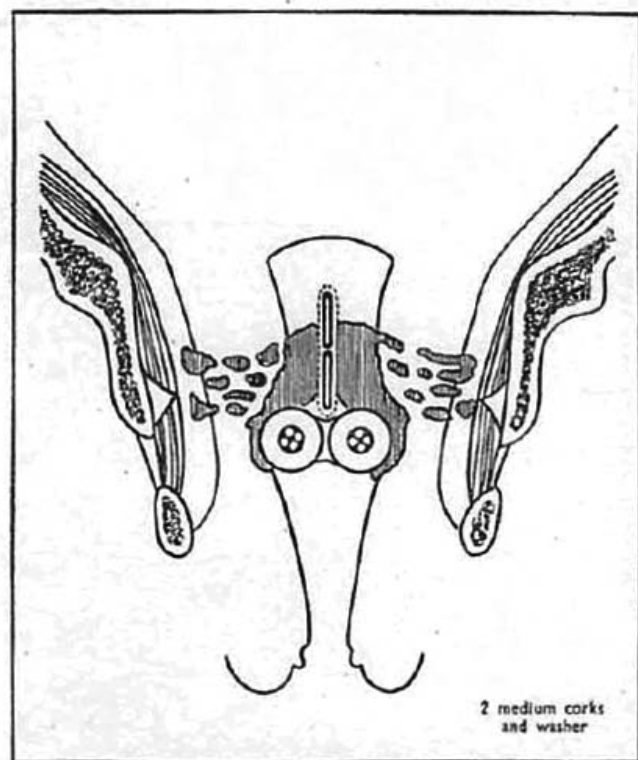
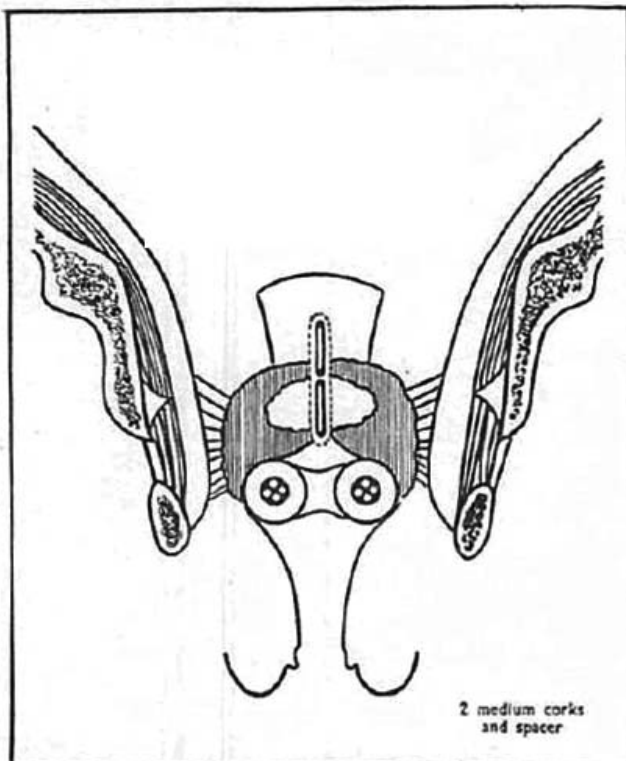
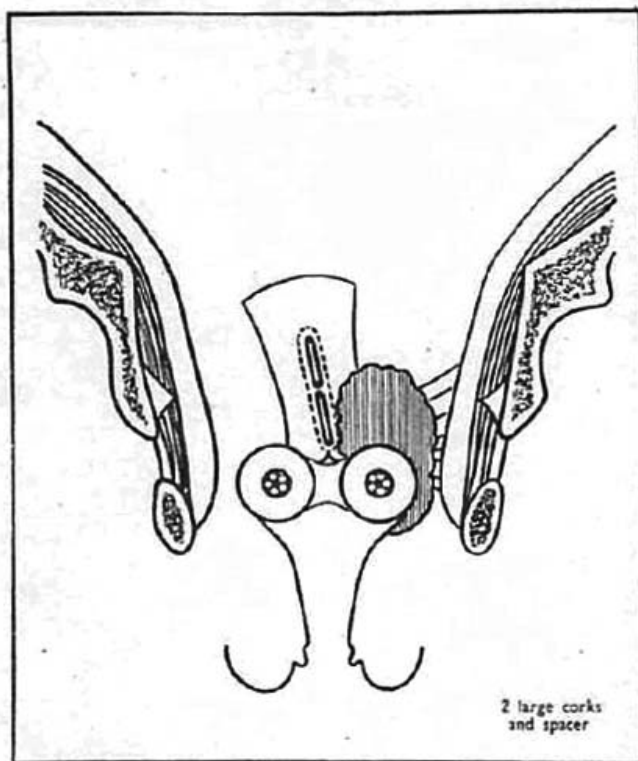


図4. 子宮頸部癌のステージに応じたオボイドの配置 (国際連盟のアトラスを改変). 左上: 大オボイド2個+スペーサー, 右上: 中オボイド2個+スペーサー, 左下: 中オボイド2個+ウォッシャー, 右下: 小オボイド2個+スペーサー

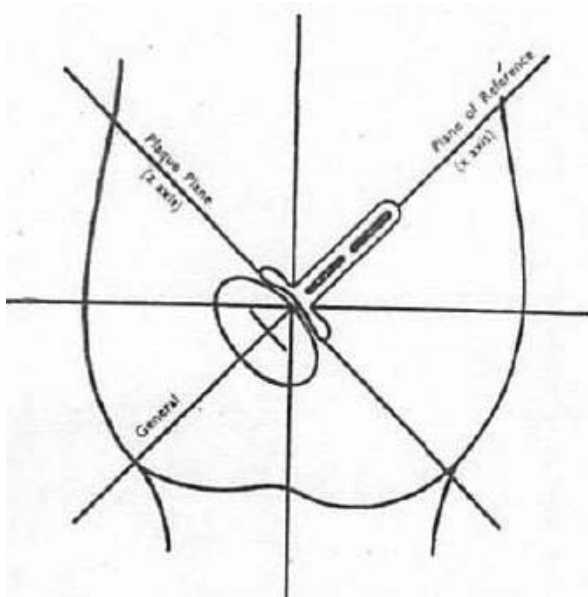


図 5. 座標軸

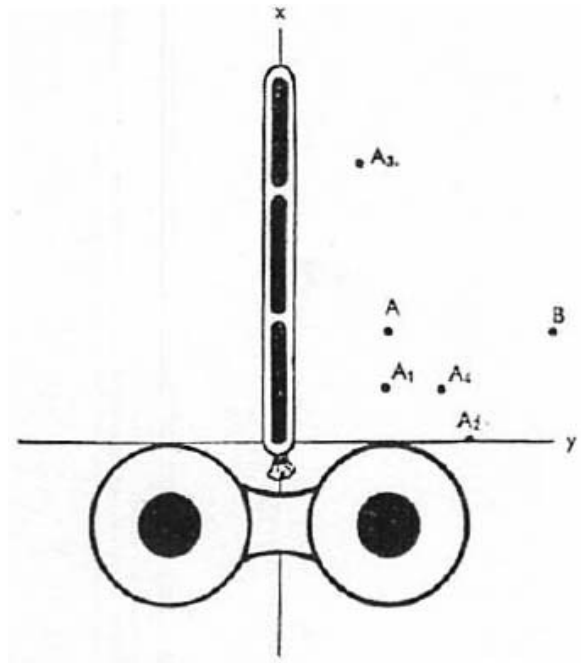


図 6. x, y 軸と線量平準化のための計算点

の実効長が 1～2cm であれば、配置による差はない。A 点周囲を計測してみると、このような装填方法で傍子宮組織内のかなり広い範囲にわたって比較的均一な線量が得られることが分かった。均一な線量となる範囲、および A 点における線量の平準化の程度を表 I に、それぞれの計測点を図 6 に示す。表の数字は、複数のフィルターにより補正されているが、2 単位のラジウムを使用できればこれは減少し、大きなオボイドを使用するとばらつきは 15% にもなる [訳注：この部分文意不明]。

単にラジウム量の多い 1 つのオボイドに代えて、2 つのオボイドを使用する理由としては、次の 3 つが挙げられる。

- (1) 前述の A 点周囲の均一線量領域が、単一オボイドにするとずっと小さくなる
- (2) 2 つ使用する方が、骨盤壁近傍の深部線量が良好である
- (3) 2 つのオボイドに分割することにより、オボイド表面の線量、ひいては腔粘膜の線量が低下する。

ラジウムを 2 つのオボイドに分割するこの他の利点としては、同時に挿入するチューブの数を減らすことができることが挙げられる。オボイド 1 個で 2 本以上のチューブを使用すると、オボイドの分布が歪んだり、チューブ同士の相互フィルター作用が発生しうる。表 I には、このような効果 ($\pm 10\%$) が含まれている。

厳密な計算は、2～3 単位のラジウムを入れた幾何学的に同一のチューブの場合のみ可能である。

議論の上では、アプリーケーターの理想的な配置を前提としていたが、実際には必ずしもそうは行かない。例えば、オボイドが回転してラジウムが xy 平面に直交しなくなったり、子宮が後屈している場合もある。オボイドの回転による最大誤差は 10% 以下であるが、後屈は A 点の線量を 20% 増加させ、これに 5 単位を含むチューブを使えばさらに 10% 増となる。このような点は、その後の治療に反映させる必要がある。オボイドを頸部の両側に対称に置くことができず、一方が x 軸に通常よりも接近する場合もある。子宮の一侧における最大のばらつきは 15% である。このようなばらつきは、すべて後述のように X 線撮影で知ることができる。

表 I. 傍頸部三角の各点における mg 単位の線量率

オボイド*	A (2,2)**	A1 (1,2)	A2 (0, 3 1/2)	A3 (3, 1 1/2)	A4 (1,3)
大2個,5単位,スペーサー	7.97 r/hr	8.20 r/hr	7.02 r/hr	7.63 r/hr	7.87 r/hr
大2個,5単位,ウォッシャー	8.07	8.30	7.06	7.75	8.03
中2個,4単位,スペーサー	7.48	8.01	6.65	7.41	7.32
中2個,4単位,ウォッシャー	7.60	7.85	6.74	7.50	7.49
小2個,3単位,スペーサー	7.42	7.80	6.57	7.25	7.25
小2個,3単位,ウォッシャー	7.41	7.53	6.45	7.02	7.03
平均	7.65	7.97	6.75	7.42	7.49

* 3 単位 (子宮チューブ内に 2-1) ** (x, y) 座標. 図 5, 図 6 参照.

初回に子宮内腔にアクセスできない場合があります、そのような時はまず膣を治療するが、子宮も治療する必要があるので別の機会に子宮内 Applicator を入れるが、子宮腔内からの線量も我々は計算に含めている。

A 点の線量が決まったら、次にリンパ節に対応する B 点の線量を求める。これも A 点と同じように、その相対的な幾何学的位置から Sievert の公式を使って計算できる。しかし、このようにして得られる数字は非常に狭い範囲に収まっており、大オボイドでも小オボイドでも線量分布は大差なく、違いを及ぼすのはラジウムの量だけである。これは表Ⅱ、表Ⅲで明らかである。

線量の評価

以上から、表Ⅰを使って点 A における mg 当りの線量を知ることができ、子宮内チューブが 3 単位であれば、便宜的な平均値 7.5 r/hr を得ることができる。5 単位、2 単位の場合の変化については、既に述べた通りである。

A 点の線量は平準化されて変化しないが、B 点の線量はその限りにない。しかし表Ⅱに見るとおり、B 点の線量とラジウム量は非常に良く相関するので、1,000r を照射するために必要な mg/hr として計算できる。表から得られる妥当な平均値としては、1,000r 当り 4,400mg/hr である。この 2 つの基本的な数値を使って、種々の量のラジウム単位から、A 点、B 点に 24 時間に照射される線量を知ることができる。

(2) 線量システムの治療技術への応用

単位システムとオボイド Applicator は、子宮頸癌治療の新技术とまでは言わないまでも、その利点は臨床的なバリエーションに応じて正確な線量を計算することにある。従前の方法は 2 つの特徴をもつ。すなわち、Applicator (ボックス、コルク、ペッサリーなど)、および時間因子の使用である。2 つ良く知られたシステム、すなわちパリ法とストックホルム法を検

討すると、それぞれの照射間隔を変えることなく、また同量のラジウムを使用して、Applicator をオボイドに換えることができることがわかる。

パリ法

Curie 研究所で Regaud を中心に行なわれている方法で、症例ごとに違いはあるが、Lacassagne[3]によると典型的な方法は、13.33mg のラジウムを 2 本のチューブを子宮内に入れ、等量を 2 つのコルクで腔内に使用する。照射時間は、1 日 1 回腔内洗浄のためにラジウムを取り出す短時間を除けば連続 120 時間である。照射線量は約 8,000mg-hrs であるが、平準化線量システムを適用すれば、中オボイドと 5 単位の長チューブを使用して、1 単位 6.66mg、110 時間 (毎日 22 時間、5 日間) で照射できる。実際の線量は A 点 6,150r、B 点 2,180r となる。膣が大きい場合、5 単位のオボイドを使用すれば、約 11,000mg-hrs となり、A 点 6,150r、B 点 2,500 単位となる。小さなオボイド、2 単位の短チューブのみの場合、A 点は約 6,150r で変わらないが、B 点は 1,210r となる。

ストックホルム法

このラジウム研究所の方法は、Heyman が明言しているように、個々の症例に応じて個別化されるため、定義が難しい。しかし、通常「ストックホルム法」と称される 50mg を子宮内チューブに、各 20mg のボックス 3 個を腔内に挿入し、1 回 24 時間、3 週間で 3 回、計 7,920mg-hrs を照射する方法を採用するのが妥当であろう。1 単位 10mg の子宮内中チューブと中オボイドを使用すれば、mg-hrs と時間間隔は同等とすることができ、3 週間の A 点線量は 5,400r、B 点線量は 1,800 となる。異なるオボイドを使う場合の変化は他の方法と同様で、A 点の線量は変化せず、B 点は mg-hrs に応じて変化する。

表Ⅱ. 10mg 単位の場合の B 点の線量 *

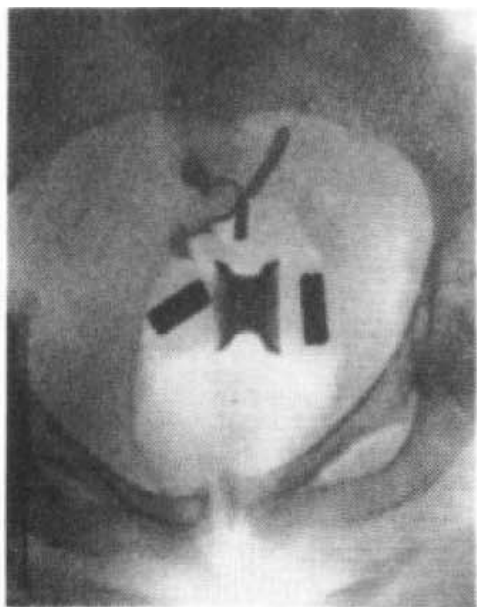
オボイド	B点の線量	
	r/hr	mg-hrs / 1,000r
大2個,5単位,スペーサー	29.7	4380
大2個,5単位,ウオッシュャー	28.2	4610
中2個,4単位,スペーサー	25.8	4260
中2個,4単位,ウオッシュャー	24.6	4470
小2個,3単位,スペーサー	21.6	4300
小2個,3単位,ウオッシュャー	20.7	4350
平均	25.1	4400

* 子宮腔内 3 単位 (1 単位 = 10mg)

表Ⅲ. さまざまな単位による B 点の 24 時間線量 *

ラジウム単位の大きさ(mg)	A点の線量(r)	B点の線量(r)
6.66	1,200	大オボイド 470
		中オボイド 400
		小オボイド 330
10	1,800	大オボイド 710
		中オボイド 600
		小オボイド 490
13.33	2,400	大オボイド 940
		中オボイド 800
		小オボイド 660
20	3,600	大オボイド 1420
		中オボイド 1200
		小オボイド 980

* 子宮腔内 3 単位



A

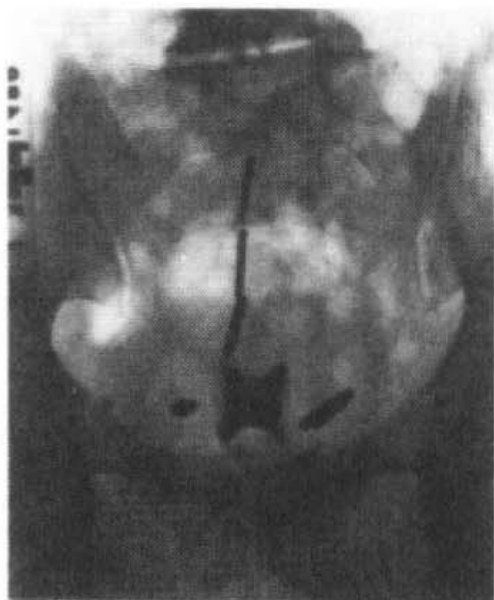


B

図 7. X線写真

A. 子宮内にチューブ 3 本, 5 単位. 腔に大オボイド 2 個 + スペース, 10 単位. 直腸のバリウムで相対的な位置を示す.

B. 同, 側面像. ラジウムと直腸壁間にパッキングがある.



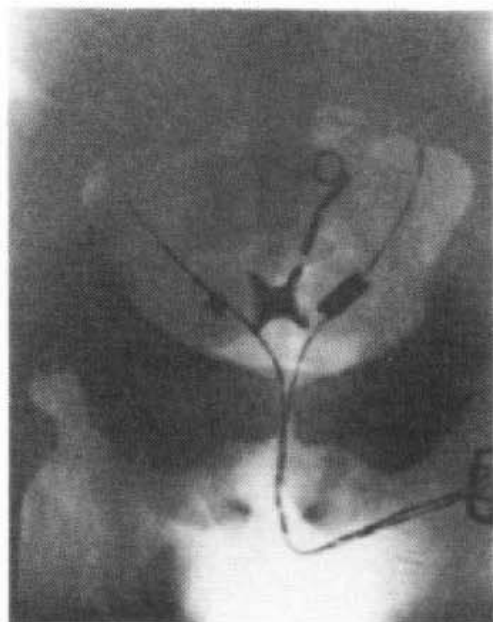
C



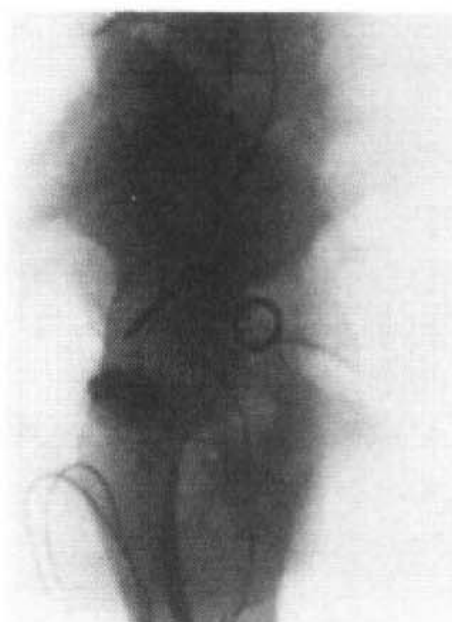
D

C. 子宮内にチューブ 3 本, 5 単位. 腔に中オボイド 2 個 + スペース, 8 単位.

D. 同, 側面像. x-y 軸との関係に注意. 子宮は後屈しており, 2 回治療を要した.



E



F

E. ラジウムと尿道カテーテル. ステージIV症例. 子宮の外側偏位, 閉鎖リンパ節にマーカー. ステレオ撮影のための移動のため画像がぼけている.

F. 同, 側面像. 閉鎖リンパ節, ダグラス窩にマーカー.

Holt ラジウム研究所法 (マンチェスター法)

小骨盤腔内の広範囲の線量を事前に計算できる可能性は、これらの組織の最大耐容線量を使って照射する新しい方法の発展に道をひらくものである。生物学的効果への時間的影響、すなわち積算線量とも言われる時間と線量の関係を実際の照射に含める必要があり、ラジウム単独治療の場合、48時間照射を2回、ラジウムの取りだし、再挿入の間隔は5日である。9日間の照射線量は、チューブ、オボイドの大きさにかかわらずA点で7,200rとなる。この線量は、最大耐容線量にかなり近いと考えられ、従って安全マージンは狭く、オボイドの配置には慎重を要する。オボイドを正確に挿入する最も良い方法は、患者を膝胸位として挿入することである。麻酔にはEvipanを使用し、少々の練習と手術台に多少の工夫を施せば、体格の良い女性でも容易にこの体位をとることができ、頸部を良好に観察できる。最小限の拡張で子宮内チューブを挿入でき、両側膣円蓋にオボイドを1つずつ挿入し、その間にスパーサーあるいはウォッシャーを置く。子宮は前傾するので、オボイドの上部、背部をパックして、容易に直腸を十分離すことができる。この膝胸位でのオボイド挿入法は、線量計算で仮定した幾何学的な位置に配置することができるのはこの方法以外にないことを考えると、治療法の一部と見なすべきである。初回治療では、腫瘍の浸潤、圧排による位置の変化も珍しくないが、線量が大きく変化することは少なく、特に高線量領域は腫瘍内にとどまる。腔内に乾燥滅菌パックを充填してオボイドの位置を決定したら、ただちに患者を手術室からX線室に移送し、骨盤の前後撮影、側面撮影を行なう。この撮影はできる限り速やかに行ない、ラジウムが良好な位置に無い場合は、ただちに除去して次の機会に新たな治療として再挿入する。ラジウムの大きな位置ずれが時にあること、また実際の線量を評価するときに浸潤による位置ずれを補正しうることから、このようなX線撮影は絶対に必要である。図7は、正しい位置(訳注:7A, 7B)、誤った位置(訳注:7C, 7D)、ならびに不透過性カテーテルを尿管に挿入してA点と子宮の関係を示したもの(訳注:7E, 7F)である。この方法は、解剖学的関係を知るためには非常に有用な方法である。ラジウムを除去する直前にも撮影し、ラジウムの位置が移動していないことを確認しているが、大きな変化は認められていない。

我々は、前述の傍頸部組織には10日間で7,200r照射すれば十分と考えているが、B点の線量については考慮が必要である。大線量が可能な場合で、最も大きなオボイドと最も長いチューブを使って14,400mg-hrsとすると、これはB点で約3,270rとなるが、通常は2,400r程度である。これを10日間で照射する場合、扁平上皮癌には十分とはいえず、閉鎖リンパ節を治療するのであれば、何らかの外照射が必要となる。

我々の施設では、X線を使用して傍子宮組織に最低でも4,000rを照射しているが、必ずしもこれを皮膚の耐容線量を超えずに照射することはできない。実際に、200~250kVの装置で、線源皮膚距離を40cmとする場合、傍子宮組織に5週間で4,000rを重篤な皮膚反応なしに照射できるのは、恥骨結合の前縁から両側後腸骨棘の中点までの距離が18cm以下の場合のみである。B点でのγ線とX線の合計は、5~6週で約6,500rとなり、照射野を大きくしても最大耐容線量を超えることはないが、A点の線量は既に7,200rで、子宮頸部腫瘍の線量はさらに大きくなる。従って、頸部の線量を増加する必要はなく、A点での耐容線量は照射期間が長いために大きいとは言え、ここに4,000r照射することは好ましいことではない。これを避けるためには、幅5cmの鉛ストリップが横断する楕円アプリーケーターを使用すると、中央部が完全に遮蔽され、A点には散乱線のみが到達するようになる。この楕円アプリーケーターは、前方照射野、後方照射野に使用し、さらにそれぞれ10×5cmの2つの前方対角照射野、2つの後方対角照射野を楕円アプリーケーターの両側に加える。これによって両側傍子宮組織が4門照射される(図8)。X線照射は、2回のラジウム照射の間に行なう。

X線照射が禁忌の場合は、ラジウム単独で治療するが、この耐容線量に関して2つの方法が可能であり、個々の患者に最適と思われる方法を選んでいる。第1のラジウムのみを使用する方法は、選択した傍子宮組織に10日間で7,200rを照射し、第2の方法ではラジウムで約7,200r、X線で約2,500rを傍頸部領域に、閉鎖リンパ節にラジウム、X線あわせて6,500rを5~6週で照射する。

前述のように、扁平上皮癌の治療では、常に正常組織の耐容線量ぎりぎりまで照射する必要がある。特別

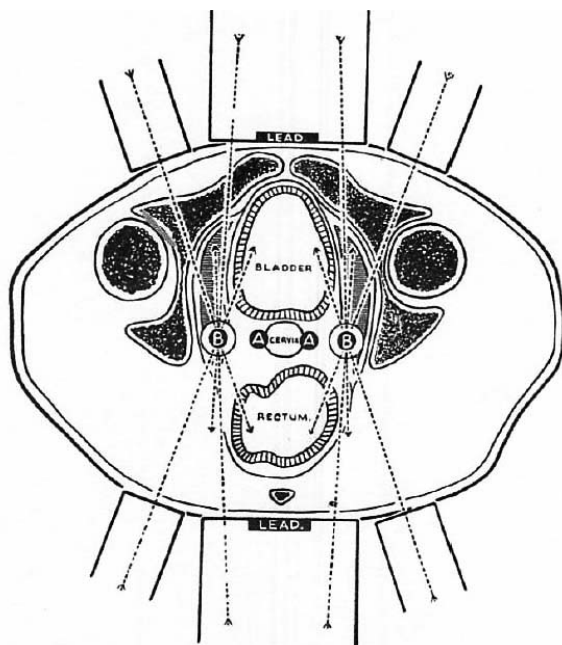


図8. 骨盤の水平断。X線照射野の線束はB点に収束する。

に設計した様々な大きさのアプリーター（オボイド）を使ってラジウムの単位を適当な比率で所定の点の照射線量を平準化するこのシステムは、周囲の正常組織の最大耐容線量を利用でき、子宮頸癌の治療に大きく貢献するものと考える。

まとめ

- ・子宮頸癌治療のための、レントゲン単位で表示する線量システムを提案した。
- ・局所の解剖と、病変の拡大、正常組織の耐容線量との関係を検討した。

- ・膣および子宮用アプリーターを記載した。

- ・骨盤腔内の一定の点で、照射線量を平準化する計算方法を示した。

- ・このシステムと、パリ法、ストックホルム法との関係を論じ、最大耐容線量を与えるマンチェスター法について述べた。

【参考文献】

¹ PATERSON, R., and PARKER, H. M. *British Journal of Radiology*, Vol. vii, p. 592, 1934.

² TODD, T. F. In press: "Surgery, Gynaecology, and Obstetrics."

³ LACASSAGNE, A. *Radiotherapie*, iii, 2, p. 37, December 1934.

⁴ SANDLER, B. "Preliminary Report of an investigation into the methods of Dosimetry in the Radiation Therapy of Carcinoma Cervix Uteri"—Pilkington Memorial Grant, October 1935.